مدیریت تحصیلات تکمیلی
دانشکده آب و خاک
گروه خاک‌شناسی
پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد در رشته خاک‌شناسی

ارزیابی آلودگی فلزات سنگین (سرب، کادمیوم، مس، روی و نیکل) در خاک‌های کنارجاده‌ای زابل – زاهدان

استاد راهنما :
دکتر احمد غلامعلی‌زاده آهنگر

اساتید مشاور:
دکتر علیرضا سامزاده
مهندس ابوالفضل بامری

تهیه و تدوین :
ولی بهنام

مهر ۱۳۹۲

تقدیم به مادر عزیزم

آن دریای بیکران فداکاری و عشق که با آغوش گرمش بالنده ام ساخت

با شیره جانش مرا پروراند و عشق بی دریغش را نثارم ساخت

جان و عمرش را به من بخشید، اشک ها دزدید و به من خندید

وجودم برایش همه رنج بود و وجودش برایم همه مهر

تقدیم به پدر مهربانم

که با مردانگی، سخاوت، پاکی، سکوت و مهربانی، راهم در تمام زندگیست

از نگاهش صلابت، رفتارش محبت و از صبرش ایستادگی آموختم

سختی ها را به جان خرید و حاصل دستان خسته اش رمز موفقیتم شد

تقدیم به همسر عزیزم

که وجودشان دلگرمی و حضورشان سراسر امید است

و تقدیم به

خدایی که آفرید

جهان را، انسان را، عقل را، علم را، معرفت را و عشق را

سپاسگزاری

سپاس و ستایش مر خدای را جل و جلاله که آثار قدرت او بر چهره روز روشن، تابان است و انوار حکمت او در دل شب تار، درفشان. سپاس خدایی را که راه سپاسگزاری و شکر گزاری اش را به ما الهام کرد و ما را به اخلاص در توحید و یگانگی اش راهبری کرد و ما را از الحاد و شک در کار خودش دور ساخت. آفریدگاری که خویشتن را به ما شناساند و درهای علم را بر ما گشود و عمری و فرصتی عطا فرمود تا بدان، بنده ضعیف خویش را در طریق علم و معرفت بیازماید. سپاس ایزد منان که به من این فرصت را داد تا به این مرحله از علم رسیده و بتوانم در راه ارتقای دانش خویش گامی بردارم و از هیچ محبتی دریغ نکرد و در تمام مراحل زندگیم مراقبت قلب بود.

تلاش بی دریغ تمامی سروارانی که مرا در به ثمر رساندن این پایان نامه یاری نمودند، ارج نموده و از خداوند متعال کمال بهروزی و موفقیت برای ایشان خواستارم. از اساتید بزرگوار و فرزانه ام **جناب آقای دکتر احمد غلامعلی زاده آهنگر و جناب آقای دکتر علی رضا سام زاده و ابوالفضل بامری** که در طول انجام این تحقیق از رهنمودهای علمی و عملی ارزشمندشان بهره مند شدم از صمیم قلب کمال سپاس و تشکر دارم. از **جناب آقای دکتر عین اله روحی مقدم** که زحمت داوری پایان نامه را بر عهده داشتند و نیز از **جناب آقای دکتر محمدرضا اصغری پور** به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی متشکرم.

از آقای مهندس ابراهیم شیرمحمدی و سرکار خانم مهندس سیاسر و سرکار خانم مهندس فیروزکوهی به پاس محبت های بی دریغ و لگهای بی-شائبه شان کمال تشکر و قدردانی را دارم.

در پایان از پدر و مادرم، برادران و خواهر عزیزم، همسر گرامی ام و تمامی دوستان عزیزم، خانم سهیلا رضازاده، زهرا قربان پور، شیوا توحیدی، بصیرا کرمانی زاده، سکینه پورمند، سارا جلالی و قدیسه حسینیان و آقایان: اسماعیل احمدی خسرو، سعید گزمه، احمدیار محمدیان مقدم که صمیمانه در تمامی مراحل این دانش نامه یار و غمخوارم بودند، تشکر و قدردانی می نمایم.

ولی بهنام

مهر ۱۳۹۲

چکیده

آلودگی خاک‌ها به فلزات سنگین که از خودروها تولید می‌شوند یک مسله زیست محیطی جدی می‌باشد. این تحقیق با هدف ارزیابی میزان آلودگی عناصر سرب، کادمیم، مس، روی و نیکل در خاک‌های کنار جاده‌ای زابل – زاهدان انجام شد. ۲۵۲ نمونه خاک (از عمق ۳۰ -۰ سانتی متری) از فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری از کنار جاده برداشت شد. غلظت کل عناصر، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک شامل بافت خاک، pH، EC ، کربن آلی، درصد آهک و CEC اندازه‌گیری شد. جهت بررسی همبستگی بین فلزات سنگین و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از ضریب همبستگی پیرسون استفاده شد. نتایج آنالیز نشان میدهد که میانگین غلظت سرب در فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری به ترتیب برابر است با ۲/۱۲، ۲/۰۳ و ۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین غلظت کادمیم در فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری به ترتیب برابر با ۰/۲۱، ۰/۲۱ و ۰/۲۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین غلطت مس در فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری به ترتیب برابر است با ۹/۶۷، ۹/۴۰ و ۹/۰۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین غلظت روی در فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری به ترتیب برابر است با ۵۴/۳۳، ۵۲/۷۵ و ۵۱/۵۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است. میانگین غلظت نیکل در فاصله ۰، ۵۰ و ۱۰۰ متری به ترتیب برابر است با ۱۰/۲۶، ۱۰/۰۲ و ۹/۷۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم است.نتایج تجزیه واریانس نشان می دهد که بین فاصله از جاده و غلظت سرب، کادمیم، مس و روی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد اما برای نیکل معنی‌دار بود. با افزایش فاصله از جاده غلظت عناصر سرب، مس، روی و نیکل کاهش می‌یابد. اما غلظت کادمیم با افزایش فاصله از جاده تغییر چندانی نکرد. بر اساس محاسبه ضریب غنی شدگی تمام عناصر مورد مطالعه بدون غنی شدگی نشان دادند. و بر حسب شاخص زمین انباشتگی این عناصر با داشتن میزان زمین انباشتگی کمتر از صفر غیرآلوده می‌باشند. مس، روی، سرب، کادمیم و نیکل بر حسب میانگین مقادیر ضریب آلودگی (به ترتیب ۰/۲۰۷، ۰/۵۵۶، ۰/۱۰۲، ۰/۶۸۳و ۰/۱۴۸) دارای ضریب آلودگی کمتر از یک، آلودگی اندکی از خود نشان می‌دهند. و در مجموع ناحیه مورد مطالعه از نظر کیفیت زیست محیطی، با داشتن درجه آلودگی اصلاح شده کمتر از ۱/۵، جزو مناطق فاقد آلودگی یا با آلودگی بسیار اندک طبقه بندی می‌شود. نتایج نشان می دهد که فلزات سنگین منشأ زمین شناسی داشته اما فعالیت های انسانی نظیر احتراق سوخت های فسیلی و تردد خودروها روی غلظت آنها تاثیر داشته است. البته میزان ترافیک به آن صورت زیاد نبوده که آلودگی به این فلزات در خاک مشاهده گردد.

کلید واژه: آلودگی، فلزات سنگین، خاک های کنار جاده، زابل - زاهدان

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه ۲

۱-۲- فرضیات تحقیق ۵

۱-۲-۱- اهداف تحقیق ۵

۱-۲- کلیات ۶

۱-۲-۱- خاک ۶

۱-۲-۱- آلودگی خاک و انواع آن ۷

۱-۲-۱- فلزات سنگین ۸

۱-۲-۱- منابع ورود فلزات سنگین ۹

۱-۲-۱- شکل نگهداری عناصر سنگین در خاک ۱۱

۱-۲-۱- فراهمی عناصر سنگین ۱۲

۱-۲-۱- بررسی رفتار ژئوشیمیایی برخی از فلزات در خاک ها و اثرات زیست محیطی آن ۱۳

۱-۲-۱-۷- سرب ۱۳

۱-۲-۱-۷- کادمیم ۱۵

۱-۲-۱-۷- مس ۱۷

۱-۲-۱-۷- روی ۱۸

۱-۲-۱-۷- نیکل ۱۹

فصل دوم : بررسی منابع

۲-۱- مروری بر مطالعات فلزات سنگین ۲۲

فصل سوم: مواد و روشها

۳-۱- وضعیت منطقه مورد مطالعه ۳۹

۳-۲- نمونه برداری ۳۹

۳-۲-۱- برداشت نمونه ها ۳۹

۳-۲-۲- آماده سازی نمونه ها ۳۹

۳-۳- روش های تعیین ویژگی های فیزیکوشیمیایی نمونه ها ۴۰

۳-۳-۱- تعیین بافت خاک به روش هیدرومتر ۴۰

۳-۳-۱-۱- روش کار ۴۰

۳-۳-۲- اندازه گیری pH ۴۱

۳-۳-۳- تعیین کربن آلی خاک به روش والکلی وبلاک ۴۲

۳-۳-۳-۱- روش کار ۴۳

۳-۳-۴- اندازه گیری EC ۴۴

۳-۳-۵- تعیین درصد آهک خاک به روش تیتراسیون ۴۵

۳-۳-۵-۱- روش انجام کار ۴۵

۳-۳-۶- اندازه‌گیری CEC ۴۶
۳-۳-۶-۱- روش انجام کار ۴۸
۳-۷- آماده سازی نمونه های خاک جهت اندازه گیری فلزات سنگین ۴۸
۳-۷-۱- روش کار ۴۹
۳-۸- تجزیه و توصیف داده ها ۴۹
۳-۸-۱- توصیف آماری داده ها ۴۹
۳-۸-۲- ضریب همبستگی ۴۹
۳-۹- ارزیابی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین ۵۰
۳-۹-۱- فاکتور غنی شدگی ۵۱
۳-۹-۲- شاخص زمین انباشتگی ۵۲
۳-۹-۳- ضریب آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده ۵۳
فصل چهارم: نتایج و بحث
۴-۱- کلیات ۵۸
۴-۱-۱-بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک ۵۸
۴-۲- همبستگی فلزات سنگین با یکدیگر و پارامترهای شیمیایی خاک ۶۰
۴-۳- غلظت فلزات سنگین ۶۲
۴-۳-۱- سرب ۶۲
۴-۳-۲- کادمیم ۶۵
۴-۳-۳- روی ۶۷
۴-۳-۴- مس ۷۰
۴-۳-۵- نیکل ۷۳
۴-۴- ارزیابی اثرات زیست محیطی فلزات سنگین و توزیع آنها در منطقه ۷۵
۴-۴-۱- ضریب غنی شدگی ۷۷
۴-۴-۲- شاخص زمین انباشتگی ۷۸
۴-۴-۳- ضریب آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده ۷۹
۴-۵- نتیجه‌گیری کلی ۸۱
۴-۵-۱- ارزیابی زیست محیطی فلزات سنگین ۸۲
۴-۵-۱-۱- ضریب غنی‌شدگی ۸۲
۴-۵-۱-۲- شاخص زمین انباشتگی ۸۳
۴-۵-۱-۳- ضریب آلودگی و درجه آلودگی اصلاح شده ۸۳
۴-۶- پیشنهادها ۸۴
فصل پنجم: منابع
منابع مورد استفاده ۸۶

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۳- طبقه‌بندی و توصیف خاک‌ها بر مبنای محدوده pH ۴۲
جدول ۲-۳- مقدار CEC انواع کلوئیدهای خاک ۴۷
جدول ۳-۳- ارتباط انواع بافت خاک‌ها با ظرفیت تبادل کاتیونی ۴۷
جدول ۴-۳- بررسی شدت غنی‌شدگی ۵۲
جدول ۵-۳- مقادیر شاخص زمین انباشتگی مورد استفاده در تعیین آلودگی خاک ۵۳
جدول ۶-۳- توصیف مقادیر ضریب آلودگی ۵۴
جدول ۷-۳- توصیف کیفیت خاک بر اساس مقادیر درجه آلودگی اصلاح شده ۵۵
جدول ۸-۳- تمرکز معمول برخی عناصر در انواع سنگ ها و میانگین تمرکز آنها در پوسته زمین و خاک بر حسب ppm ۵۶
جدول ۱-۴- خلاصه ای از وضعیت آماری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های کنار جاده‌ای زابل- زاهدان ۵۹
جدول ۲-۴- ضریب همبستگی پارامترهای.فیزیکوشیمیایی خاک و فلزات سنگین مورد مطالعه ۶۲
جدول ۳-۴- خلاصه ای از وضعیت آماری غلظت کل سرب در منطقه مطالعاتی به تفکیک فواصل ۶۳
جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس سرب در منطقه مطالعاتی ۶۳
جدول ۵-۴- خلاصه ای از وضعیت آماری غلظت کل کادمیم در منطقه مطالعاتی به تفکیک فواصل ۶۵
جدول ۶-۴- نتایج تجزیه واریانس کادمیم در منطقه مطالعاتی ۶۶
جدول ۷-۴- خلاصه ای از وضعیت آماری غلظت کل روی در منطقه مطالعاتی به تفکیک فواصل ۶۸
جدول ۸-۴- نتایج تجزیه واریانس روی در منطقه مطالعاتی ۶۹
جدول ۹-۴- خلاصه ای از وضعیت آماری غلظت کل مس در منطقه مطالعاتی به تفکیک فواصل.. ..... ۷۱
جدول ۱۰-۴- نتایج تجزیه واریانس مس در منطقه مطالعاتی ۷۱
جدول ۱۱-۴- خلاصه ای از وضعیت آماری غلظت کل نیکل در منطقه مطالعاتی به تفکیک فواصل ۷۴
جدول ۱۲-۴- نتایج تجزیه واریانس نیکل در منطقه مطالعاتی ۷۴
جدول ۱۳-۴- میانگین غلظت عناصر مورد نظر در ناحیه مورد مطالعه در مقایسه با مقادیر میانگین جهانی عناصر در خاک ۷۶
جدول ۱۴-۴- میانگین ضریب غنی شدگی فلزات مختلف در نمونه های خاک در نقاط نمونه برداری شده ۷۷
جدول ۱۵-۴- مقادیر شاخص زمین انباشتگی در ناحیه مورد مطالعه ۷۸
جدول ۱۶-۴- نتایج محاسبه ضریب آلودگی عناصر مورد بررسی در نقاط نمونه برداری ۸۰
جدول ۱۷-۴- میانگین درجه آلودگی اصلاح شده در نقاط نمونه برداری شده ۸۰

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- نمودار طبقه بندی بیوشیمیایی فلزات سنگین ۹
شکل ۱-۴- میانگین غلظت سرب در نمونه های خاک در فواصل مختلف جاده ۶۴
شکل ۲-۴- میانگین غلظت کادمیم در نمونه های خاک در فواصل مختلف جاده ۶۷
شکل ۳-۴- میانگین غلظت روی در نمونه های خاک در فواصل مختلف جاده ۷۰
شکل ۴-۴- میانگین غلظت مس در نمونه های خاک در فواصل مختلف جاده ۷۲
شکل ۵-۴- میانگین غلظت نیکل در نمونه های خاک در فواصل مختلف جاده ۷۵

فصل اول
مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

خاک پایگاه موجودات خاکزی، به ویژه گیاهان محسوب می‌شود(Blasis *et al*., 1993). این بستر حیات، برای تخریب و تجزیه زیست‌توده مرده هم ضروری می‌باشد. فعالیت‌های روزافزون انسان بر روی کره زمین سبب شده که کارکرد خاک در مواردی دچار اختلال شود (بای بوردی، ۱۳۷۹). خاک، خواسته یا ناخواسته، دریافت کننده اصلی هزاران نوع ضایعات و مواد شیمیایی مورد مصرف در جامعه امروزی می‌باشد. هر سال میلیون‌ها تن فرآورده و ضایعات مختلف صنعتی، کشاورزی و خانگی به خاک‌های سرتاسر جهان اضافه می‌شوند. این مواد به محض ورود در خاک به بخشی از چرخه زیستی که در تمام اشکال حیات موثر است، تبدیل می‌شوند. مقادیر بسیار زیادی از مواد شیمیایی ورودی به داخل خاک در پیوند یا تثبیت پایدار با کانی‌های خاک قرار می‌گیرند. همچنین خاک‌ها برای قبول این مواد شیمیایی دارای محدودیت هستند و همین باعث ایجاد اثرات مصیبت بار بر کیفیت محیط زیست شده است (شاهویی، ۱۳۸۵).

اکنون ما در زمانی زندگی می‌کنیم که مسئله آلودگی محیط زیست به خاطر رشد سریع جمعیت، صنعت و محدودیت‌های منابع طبیعی، بیش از پیش مورد توجه کارشناسان واقع شده و همچنین به شکل یک مسئله قابل لمس مورد توجه عامه مردم قرار گرفته است (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۴). حفظ محیط زیست و دستیابی به توسعه پایدار یکی از مباحث اصلی است که با اجرای طرح‌های جامع اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی در سرلوحه برنامه کشورهای مختلف جهان و از جمله کشور ما قرار گرفته است.

هر گونه تغییر در ویژگی‌های هوا، خاک و مواد غذایی که اثر نامطلوبی بر سلامت محیط زیست، فعالیت بشر و سایر جانداران داشته باشد را آلودگی گویند. ماده آلوده‌کننده ماده‌ای است که در

جایی قرار گیرد که به طور طبیعی نمی‌بایست آنجا قرار می‌گرفت و یا دارای غلظتی بیش از غلظت طبیعی باشد به نحوی که بر روی موجودات زنده اثر نامطلوبی داشته باشد. از جمله مواد آلاینده می‌توان عناصر غذایی گیاه، آفت‌کش‌ها، مواد خطرناک، رسوبات، ذرات معلق، گازهای گلخانه‌ای، ترکیبات مه ساز (ازن و تولیدات ثانویه ناشی از احتراق سوخت)، عناصر کمیاب و غیره را نام برد (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۴). عناصر سنگین بخش مهمی از آلاینده‌ها را تشکیل می‌دهند.

عناصر سنگین به آن دسته از عناصر اطلاق می‌شود که دارای جرم اتمی بیشتر از ۵۵/۸ گرم بر مول (Martin *et al*., 2006) و یا چگالی بزرگتر از ۵ گرم بر سانتیمتر مکعب باشد و زمانی که غلظت آنها از حد معینی که برای هر عنصر متفاوت است، تجاوز کند، خاصیت آلوده‌کنندگی و سمیت دارند. هر چند که تعدادی از آنها در غلظت‌های پایین برای موجودات زنده ضروری می‌باشند (Adriano, 1986). به عنوان مثال مس و روی در متابولیسم بدن انسان، گیاهان، حیوانات و میکروارگانیزم‌ها ضروری می‌باشند (Blencowe *et al*., 2003,. Cavet *et al*., 2003) اما در غلظت بالا دارای اثرات سمیت شدید بر روی سلول‌ها می‌باشند (Rais, 2005).

یکی از مهمترین و شناخته‌ترین آلاینده‌ها که ورود آنها به محیط زیست باعث بروز صدمات و بیماری‌های مختلفی می‌شود، فلزات سنگین هستند. برخی از این فلزات در غلظت‌های پایین برای متابولیسم موجودات زنده ضروری بوده (Wong *et al*., 2006)، اما در غلظت‌های بالا اثرات معکوس بر سلامت موجودات دارند (Pierzynsky *et al*., 2000) خسارت شدید وارد شده ناشی از کارخانه‌های ذوب روی، بر پوشش گیاهی و جانوران بارها گزارش شده است (Blaster *et al*., 2000).

کاربرد فلزات سنگین در صنعت، ضروری بودن تعدادی از آنها در برخی فعالیت‌های زیستی و نیز اثر مستقیم آنها بر سلامت انسان، جنبه‌های مختلفی است که این عناصر را حائز اهمیت می‌سازد. پاره‌ای از مشکلاتی که این عناصر ایجاد می‌نمایند ناشی از، تحرک کم و تجمع آنها در لایه‌های

سطحی خاک است. در سال‌های اخیر توجه به فلزات سنگین در خاک افزایش یافته که از طرفی ناشی از رشد دانش و آگاهی‌های عمومی در مسائل زیست محیطی و از طرف دیگر به دلیل توسعه فناوری‌های تجزیه در اندازه‌گیری غلظت دقیق این عناصر بوده است (Campbell, 1978).

از بین عناصر سنگین که در آلودگی خاک‌ها نقش دارند، روی، سرب، کادمیوم و مس دارای اهمیت می‌باشند و بعضا وجود چند میلی‌گرم بر کیلوگرم (حدوداً چند ده هزارم درصد) از این عناصر سلامت خاک و نهایتا انسان را به مخاطره می‌اندازد (موحدی‌راد، ۱۳۸۶).

آلودگی عناصر سنگین در خاک‌های طبیعی مشکل مهمی است که بر روی کیفیت محصولات، سلامتی انسان و کیفیت محیط زیست اثر نامطلوب می‌گذارد. تقریبا اکثر عناصر سنگین در خاک‌ها باقی مانده و تجمع می‌نمایند و این به دلیل طبیعت غیر متحرک آنهاست (Lee *et al.*, 2004 ؛ Greger, 2004). خاک، تنها یک محیط کشت برای گیاهان یا مخزنی برای تخلیه مواد زائد و زباله‌ها نیست، بلکه می‌تواند انتقال دهنده بسیاری از آلودگی‌ها به اتمسفر، آب زیرزمینی و گیاهان باشد (Chen *et al.*, 2008). هنگامی که خاک آلوده شود، این آلودگی می‌تواند به سایر اجزاء محیط زیست منتقل شده و به طور غیر مستقیم سلامت انسان را از طریق آلودگی آب یا زنجیره غذایی به مخاطره اندازد (Cui *et al.*, 2005). مسله آلوده شدن خاک‌ها به عناصر سنگین در سطح وسیع، به یک امر مهم زیست محیطی تبدیل شده است. به دلیل اینکه عناصر سنگین ذاتا تجزیه ناپذیر بوده و تحت تاثیر تجزیه زیستی قرار نمی‌گیرد. همچنین نیمه عمر این عناصر در بدن انسان بسیار طولانی است، در نتیجه در بافت‌های زنده برای مدت طولانی باقی می‌مانند (Chen *et al.*, 1996). برای مثال سرب دارای نیمه عمر ۲۰ تا ۳۰ سال (Pagliuca *et al.*, 1990) و کادمیم دارای نیمه عمر ۱۰ سال در بدن انسان است (Serpil *et al.*, 2006).

با توجه به وجود اراضی مختلف در مسیر مورد نظر از قبیل مسکونی، کشاورزی و مرتع، بررسی آلودگی فلزات سنگین ، بسیارحائز اهمیت است. لذا پژوهش حاضر به منظور بررسی آلودگی عناصر روی، سرب، کادمیم و مس در خاک‌های کنار جاده‌ای جاده زابل – زاهدان صورت گرفت.

۲-۱- فرضیات تحقیق

- غلظت فلزات سنگین خاک‌ها در امتداد جاده زابل – زاهدان از حد استاندارد بیشتر است.

- بین غلظت فلزات سنگین در خاک و فاصله تا جاده رابطه وجود دارد.

- آلودگی خاک به فلزات سنگین با خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مرتبط است.

۳-۱- اهداف تحقیق

- بررسی آلودگی به فلزات سنگین(سرب، کادمیوم، مس و روی) در خاک در طول جاده زابل – زاهدان

- تعیین پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه مانند بافت خاک، pH، EC، CEC و مقدار مادهٔ آلی

- مقایسهٔ میانگین غلظت عناصر سنگین با مقادیر این عناصر در میانگین رسوبات جهانی

۲ – ۱- کلیات

۱-۲-۱- خاک

خاک جزئی از سیستم حیات است. به دلیل دخالت مستقیم خاک در چرخه زندگی، عده‌ای خاک را نه یک جسم جامد، بلکه موجودی زنده می‌دانند. این فرض، علاوه بر فعل و انفعالات شیمیایی و فعالیت میکروارگانیسم‌هایی که در آن فعال‌اند، از آنجا قوت می‌یابد که تمامی مواد و عناصری که در خاک وجود دارند، در پیکره‌ی گیاهان نیز وجود داشته و هر آنچه در خاک و پیکره‌ی گیاهان وجود دارد، کم و بیش در پیکره جانوران و انسان نیز موجود است.

تاکنون، تعاریف مختلفی از خاک ارائه شده است. اداره حفاظت خاک ایالات متحده آمریکا آن را به صورت زیر تعریف نموده: "خاک مجموعه‌ای از مواد طبیعی سطح خشکی‌هاست که دارای موجودات زنده بوده و گیاهان در آن رشد می‌کنند و یا می‌توانند رشد کنند". زمین‌شناسان، اغلب خاک را به عنوان محصول هوازدگی سنگ‌ها و کانیها در نظر گرفته و مطالعه می‌کنند. در حالی که متخصصین کشاورزی آن را به عنوان محیط رشد گیاه مورد مطالعه قرار می‌دهند.

خاک به عنوان بخشی از اکوسیستم سطحی، نقش مهمی در گردش عناصر ایفا می‌کند. این بخش، وظایفی همچون ذخیره‌سازی، خنثی‌سازی، پاکسازی و انتقال عناصر را بر عهده داشته و در واقع، رابط بین بخش‌های زنده و غیرزنده است. خاک به عنوان فیلتر فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی و جذب کننده آنچه که وارد آن می‌شود، عمل می‌کند. اگر چه، خاک بزرگترین تصفیه کننده طبیعت است، ولی ظرفیت آن نامحدود نیست و ممکن است بسیاری از مواد سمی که به آن اضافه می‌شوند به حد خطرناک رسیده و انسان، احشام و یا گیاهان را مسموم کند. ممکن است این مواد برای میکروارگانسیم‌های خاک مضر بوده و با از بین رفتن یا کند شدن فعالیت آنها، سرعت تجزیه آنها در خاک باز هم کاهش یابد (صادقی، ۱۳۸۰).

۲-۲-۱ - آلودگی خاک و انواع آن

واژه آلودگی "Pollution" از کلمه لاتین "Polluere" گرفته شده که به معنای خاکی شدن یا آلوده شدن است و به طور کلی هر گونه تغییر در ویژگی‌های هوا، خاک و مواد غذایی که اثر نامطلوبی بر سلامت محیط زیست، فعالیت بشر و سایر جانداران داشته باشد را آلودگی گویند (عرفان منش و افیونی، ۱۳۸۴). آلودگی، ممکن است به صورت تغییرات ناخوشایند فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آب، خاک و هوا تعریف شود که بر زندگی بشر، گیاهان و جانوران مرتبط با آنها، فرآیندهای صنعتی و سرمایه‌های فرهنگی اثرگذار است.

آلودگی خاک به دو صورت طبیعی و مصنوعی اتفاق می‌افتد. از نوع آلودگی طبیعی خاک می‌توان به رسوب‌گذاری خاکسترهای آتشفشانی اشاره کرد که در مقایسه با آلودگی مصنوعی خاک یا آلودگی‌های ناشی از فعالیت‌های انسانی کم است. به طور کلی دو منبع آلودگی خاک ناشی از فعالیت‌های انسانی وجود دارد که عبارتند از منابع اولیه، نظیر افزودن کود به خاک در حین بهره‌برداری و استفاده از آنها و دیگری منابع ثانویه نظیر آلاینده‌های که در اثر فعالیت‌های که در اثر فعالیت‌هایی که در مجاورت خاک‌ها صورت می‌گیرد، به خاک اضافه می‌شودند، نظیر کارخانه‌ها، مصرف سوخت‌های فسیلی و رسوب‌گذاری آلاینده‌ها از طریق هوا (دلیجانی و همکاران، ۱۳۸۸).

علاوه بر این، می‌توان منابع آلودگی را به صورت منابع نقطه‌ای[1] و انتشاری[2] نیز تقسیم بندی نمود. از منابع نقطه‌ای، می‌توان به خروجی‌های حاصل از فاضلاب‌های کشاورزی و صنعتی اشاره کرد. منابع انتشاری در ارتباط با هوازدگی کانیها، فرسایش زمین‌های بکر و جنگل‌ها شامل بقایای گیاهان طبیعی و یا به طور مستقیم یا غیر مستقیم در ارتباط با فعالیت‌های بشر از قبیل فعالیت‌های صنعتی، حمل و نقل، کاربرد کودها، حشره‌کش‌ها و آفت‌کش‌ها در کشاورزی و فرسایش خاک از نواحی تحت کشاورزی، معدنکاری و غیره می‌باشند (Misra and Dinesh, 2009).

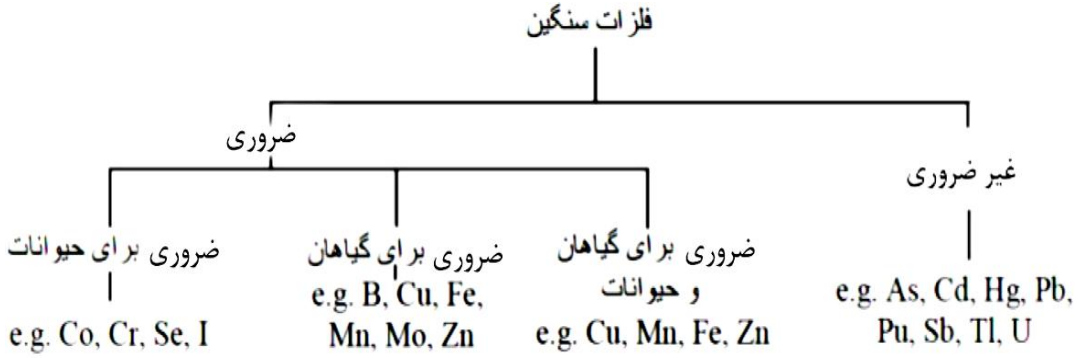
[1]- Point
[2]- Diffuse

۳-۲- ۱- فلزات سنگین

فلزات سنگین آن دسته از فلزات هستند که دارای جرم اتمی بیش‌تر از آهن (۸/ ۵۵ گرم بر مول) یا جرم حجمی بیش تر از ۵ گرم بر سانتی‌متر مکعب می‌باشند (Martin *et al*., 2006) پویایی این فلزات در خاک کم بوده و معمولاً به لایه‌های زیرین خاک، انتقال نمی‌یابند، بنابراین بیش تر در معرض جذب و انتقال به گیاه قرار می‌گیرند (Giusquiani *et al*., 1995) فلزات سنگین برخلاف آلوده‌کننده‌های آلی تغییرناپذیر، غیرقابل تجزیه و پایدار در خاک هستند (Adriano *et al*., 2004).

حضور فلزات سنگین در محیط زیست، بسیار مشکل ساز است. این امر به پایداری آنها بر می‌گردد، به این صورت که فلزات سنگین برخلاف سایر آلاینده‌های آلی از طریق شیمیائی یا فرآیندهای زیستی، در طبیعت قابل تجزیه نبوده، در نتیجه، پس از ورود به بدن موجودات زنده، در بافت‌ها ذخیره شده و می‌توانند در طول زنجیره غذائی در اعضای بالاتر زنجیره به مقادیر بسیار بیشتری تجمع یابند. به علاوه، آنها می‌توانند جایگزین املاح و مواد معدنی مورد نیاز بدن جانداران شده و از این طریق موجب به مخاطره افتادن سلامتی آنها شوند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

دو گروه اصلی از عناصر کمیاب از نظر سلامتی حائز اهمیت هستند (شکل۱-۲). عناصر Fe, Mn, Ni, Co, Cr, Cu, Zn, V, Mo, Sn, Se, I, F برای جانوران ضروری می‌باشند (Mills, 1996). در مقابل، عناصری وجود دارند که به طور بالقوه مضر بوده و حتی در سطوح پائین نیز اثرات فیزیولوژیکی زیان‌بار قابل توجهی دارند. این عناصر شامل فلزات سنگینی از قبیل As, Cd, Pb, Hg و برخی عناصر نوزاد اورانیوم می‌باشند. ماده سمی به این صورت تعریف می‌شود: در صورتی که یک ماده در غلظت‌هایی بالاتر از یک حد معین، مانع از رشد یا متابولیسم یک ارگانسیم شود، ماده‌ای سمی محسوب می‌گردد (Thorntorn and Plant, 1980).



شکل ۱-۱: نمودار طبقه‌بندی بیوشیمیایی فلزات سنگین (Mirsal, 2008).

۱-۲-۴ - منابع ورود فلزات سنگین به خاک

منابع اصلی آلودگی فلزات سنگین شامل منابع انسان‌ساز و منابع طبیعی است. منابع مهم انسانی ورود فلزات سنگین به خاک شامل معدن‌کاری، صنایع، حمل و نقل جاده‌ای، کوره سوزانی پسماند و استفاده از کودها و سموم شیمیایی کشاورزی می‌باشد. همچنین انتشار از طریق آتشفشان‌ها، فرآیندهای گاززدایی در پوسته زمین، آتش سوزی جنگل یا ترکیب شیمیایی مواد مادری نیز می‌تواند از منابع طبیعی ورود آنها به خاک باشد (Lado, 2008).

در بسیاری از مناطق ورودی عناصر سنگین با دخالت انسان به داخل خاک، بسیار بیشتر از ورودی آنها به طور طبیعی است (Liu *et al.*, 2005). فعالیت‌های کشاورزی مانند استفاده از کود، کمپوست، لجن فاضلاب و فعالیت‌های شهری و صنعتی، از مهمترین منابع غیرطبیعی ورود فلزات سنگین به داخل خاک به شمار می‌روند (Doelsch *et al.*, 2006). استخراج معادن و دیگر فعالیت‌های بشر مانند استفاده از سوخت‌های فسیلی و سوزاندن ضایعات نیز منجر به انتشار فلزات به اتمسفر و ورود آن به خاک می‌شود (Boularbah *et al.*, 2006).

یکی از منابع اصلی تولید فلزات سنگین در شهرها صنایع کوچک و بزرگ و نیز وسایل حمل و نقل می‌باشند که با تولید آلاینده‌ها و وارد کردن آنها به هوا، اولین حلقه آلودگی را ایجاد می‌نمایند،

سپس این مواد از طریق فرونشست جوی وارد خاک‌ها شده و در آنها تجمع می‌یابند (Merrington *et al.*, 2003). افزودن لجن فاضلاب و کمپوست شهری به خاک به دلیل دارا بودن مقدار بسیار زیادی فلزات سنگین نسبت به خاک، باعث افزایش غلظت این عناصر در خاک می‌گردد. مواد مادری و فرآیند خاک‌سازی یکی دیگر از منابع مهم ورود عناصر سنگین به داخل خاک به شمار می‌رود.

Blaster و همکارانش (۲۰۰۰) بیان کردند با فعالیت فرآیندهای خاکساز و هوادیدگی سنگ بستر، غلظت عناصر بر حسب نوع سنگ بستر به طور تدریجی افزایش می‌یابد.

احتراق سوخت‌های فسیلی نیز مقادیری از فلزات سنگین نیکل، کادمیم، کروم، سرب و منگنز را تولید می‌کنند، این آلاینده‌ها خاصیت تجمع پذیری و سرطان‌زایی دارند و می‌توانند مشکلات متعدد بهداشتی و زیست محیطی ایجاد کنند. همچنین قرارگیری در معرض آنها می‌تواند کم هوشی، مشکلات کلیوی و در برخی موارد، قرارگیری طولانی مدت، مرگ را به همراه داشته باشد (Jiries, 2003). فلزات سنگین یکی از اصلی‌ترین آلاینده‌ها هستند که می‌توانند ناشی از ترافیک سنگین، فرسایش ساختمان‌ها، فرسایش لاستیک و قطعات استفاده شده در خودروها، فعالیت‌های معدنی و احتراق سوخت‌های فسیلی باشند (Manasreh, 2010).

یکی از منابع اصلی تولید فلزات سنگین در شهرها خودروها هستند که با تولید آلاینده‌ها و وارد کردن آنها به محیط و به خصوص هوا، باعث آلودگی خاک اطراف راهها می‌شوند (Fakayode *et al.*, 2003). فرونشست جوی در مناطق شهری یکی از منابع تجمع فلزات سنگین در خاک به شمار می‌رود (Li *et al.*, 2001) آلودگی با سرب بیشتر مربوط به سوخت‌های سرب‌دار است در حالی که در مورد مس، روی و کادمیوم به کارخانه‌های اتومبیل‌سازی، سایش لاستیک خودروها و انواع روان کننده‌ها مربوط می‌شود (Cameron *et al.*, 1997).

رشد جمعیت، صنایع و وسایل نقلیه، میزان آلودگی در شهرها، بخصوص شهرهای بزرگ را افزایش داده است. بنابراین اخیرا ارزیابی کیفیت غبارهای خیابانی به عنوان یکی از منابع آلودگی مورد توجه قرار گرفته است (Jiries, 2003; Al-Khashman, 2007).

۵-۲-۱ - شکل نگهداری عناصر سنگین در خاک

عناصر سنگین در خاک وارد واکنش‌های متعددی شده و به شکل‌های گوناگونی از جمله شکل تبادلی، کربناتی، اکسیدی، ترکیب با مواد آلی و یا شکل بلوری وجود دارند (Salomon and Forsttner, 1980). مقدار اسیدیته خاک، ماده آلی، نوع کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن و آلومینیم عواملی هستند که رفتار عناصر سنگین را در خاک کنترل کرده و بر جذب این عناصر توسط گیاهان نیز اثرگذار است (Naiau *et al*., 1997). به طور کلی پنج شکل نگهداری عناصر سنگین در خاک عبارتند از :

الف- به صورت جذب سطحی کلوئیدهای خاک و قابل تبادل (جذب غیر اختصاصی)، که این بخش به وسیله گیاه قابل جذب می‌باشد.

ب- به صورت یون آزاد محلول در فاز مایع خاک، که مقدار آن به شرایط شیمیایی خاک و به ویژه اسیدیته بستگی دارد.

ج- عناصر سنگین ممکن است با مواد آلی موجود در خاک کمپلکس‌هایی تشکیل دهند.

این کمپلکس‌ها در مقایسه با یون آزاد فلزی قابلیت جذب کمتری برای گیاه داشته اما تحرک آنها در مقایسه با شکل‌های دیگر زیادتر می‌باشد. این عناصر پس از تجزیه مواد آلی به تدریج در خاک آزاد شده و در سیستم‌های مختلف رسوب نموده و یا جذب گیاه می‌شوند.

د- ترکیب فلزات سنگین با کربنات‌ها و اکسیدهای آهن و منگنز در خاک و تشکیل فازهای جامد مستقل که جذب این شکل توسط گیاه را نسبت به سایر شکل‌ها مشکل می‌سازد.